



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 195 27 148 C 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 04 N 5/21  
H 04 N 5/325  
H 04 N 7/18  
A 61 B 6/00

21 Aktenzeichen: 195 27 148.3-31  
22 Anmeldetag: 25. 7. 95  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 1. 97

DE 195 27 148 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

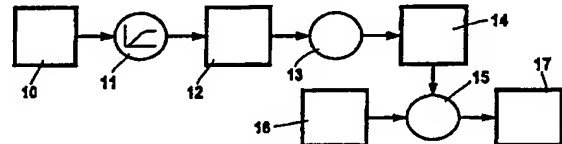
72 Erfinder:  
Schreiner, Horst, 90765 Fürth, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

|    |              |
|----|--------------|
| DE | 43 00 828 C1 |
| DE | 43 21 789 A1 |
| DE | 42 12 644 A1 |
| DE | 35 29 108 A1 |
| GB | 22 43 045 A  |
| US | 50 47 881    |
| EP | 03 93 763 A1 |

54 Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems einer Röntgendiagnostikeinrichtung

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems (6) einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit (1, 2) zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette (5 bis 7) zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler (5) mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor (7) zur Wiedergabe der von dem digitalen Bildsystem (6) verarbeiteten Röntgenbilder aufweist. Zur Erkennung von defekten Bildpunkten wird wenigstens ein Kalibrierbild (10) durch eine Hochpaß-Filterung (11), beispielsweise eine Median-Filterung (28 bis 29), in ein Filterbild (12) gewandelt, das einer Defektbestimmung (13) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (15) eines Originalbilds (16) verwendet wird.



DE 195 27 148 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor zur Wiedergabe der vom digitalen Bildsystem verarbeiteten Röntgenbilder aufweist.

Zunehmend gewinnen beispielsweise die in der DE 43 00 828 A1 beschriebenen digitalen bildgebenden Systeme in der Medizintechnik an Bedeutung, in denen sogenannte digitale Bildwandler die bisher eingesetzten analogen Bildwandler ersetzen. Derartig verwendete Bildwandler, beispielsweise die aus der DE 43 21 789 A1 bekannten a-Si-Detektoren, lassen sich im allgemeinen noch nicht fehlerfrei produzieren. Vielmehr sind neben defekten Pixeln, bzw. Bildpunkten auch noch Gruppen- (Cluster-), Zeilen- und Spaltenausfälle zu verzeichnen. So werden beispielsweise Spaltenausfälle durch Unterbrechungen in den Adreßleitungen verursacht.

Um den Ausschuß an Detektoren zu begrenzen, können die defekten Bildpunkte korrigiert werden. Für einen erfolgreiche Korrektur wird die Information benötigt, welche Pixel defekt und welche gut sind.

Bisher wurden mehrere Dunkelbilder (Bilder ohne Strahlung) und mehrere Sätze von Hellbildern, d. h. objektlosen Bildern mit Strahlung, mit unterschiedlichen Intensitäten aufgenommen und durch eine arithmetische Verknüpfung ein Dunkelstrom-korrigiertes Bild erzeugt. Aus diesen Bildern wurde dann versucht, die defekten Pixel zu finden. Dies konnte beispielsweise mit Histogrammen und bestimmten Schwellwerten im Histogramm-Verlauf oder mit einer Summe von Histogrammen für unterschiedliche Teilflächen des Bildes oder durch Prüfung aller Bildpunkte des Bildes mit gewissen Bereichsschranken erreicht werden.

Alle diese oder ähnliche Verfahren führen jedoch zu Problemen, wenn sich beispielsweise die elektronischen Gegebenheiten des Systems bei einem neuen Detektor oder anderen Betriebsmodi des Detektors verändern, weil sie meist von einer Vielzahl von Parametern abhängen, die für ein bestimmtes Detektor-Exemplar erst ermittelt werden müssen.

In einer Parallelanmeldung ist ein Verfahren zur Defekterkennung bei einem a-Si-Panel beschrieben, bei der zur Erkennung von defekten Bildpunkten mehrfach auf zwei Bilder, von denen ein erstes Bild mit Röntgenstrahlung ohne Objekt und ein zweites Bild ohne Röntgenstrahlung erstellt ist, eine rekursive Tiefpaß-Filterung nach dem Prinzip der unscharfen Maske mit Trennung der Defekte nach Spalten und Zeilen angewandt wird.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das auf einfache Weise eine pixelgenaue und sichere Erkennung defekter Bildpunkte ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Erkennung von defekten Bildpunkten wenigstens ein Kalibrierbild durch eine Filterung in ein Filterbild gewandelt wird, das einer Defektbestimmung zugeführt wird, so daß ein Defektbild erhalten wird, das zur Korrektur eines Originalbildes verwendet wird.

Erfindungsgemäß kann die Filterung eine Hochpaß-Filterung, beispielsweise eine zweidimensionale Median-Filterung sein, bei der zuerst eindimensional in ei-

ner ersten Richtung und dann eindimensional in einer zweiten, zur ersten senkrechten Richtung gefiltert werden kann.

Eine Bestimmung der Defekte kann erfindungsgemäß durch Ermittlung der Histogrammverteilung erfolgt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn folgende Verfahrensschritte angewandt werden:

- a) führe Hochpaß-Filterung eines Kalibrierbildes durch,
- b) bestimme den Histogrammkern und
- c) ermittle Defekte der Bildpunkte außerhalb des Histogrammkernes.

Alternativ kann zur Hochpaß-Filterung eine Tiefpaß-Filterung des Kalibrierbildes durchgeführt und das derart erhaltene Filterbild von dem Kalibrierbild subtrahiert werden.

Ein besonders einfaches und schnelles Verfahren erhält man, wenn das Kalibrierbild einer Korrektur bereits gefundener Defekte unterworfen wird, wenn das Korrekturbild durch eine Tiefpaß-Filterung in ein Filterbild gewandelt wird, das von dem Kalibrierbild subtrahiert wird, und wenn das derart erhaltene Differenzbild zur Defektbestimmung einem Schwellenvergleich zugeführt wird, so daß ein Defektbild erhalten wird, das zur Korrektur des Kalibrierbild verwendet wird.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Schwelle für den Schwellenvergleich durch Bestimmung der Histogrammverteilung des Differenzbildes ermittelt wird. Erfindungsgemäß kann die Tiefpaß-Filterung nach dem Prinzip der unscharfen Maske durchgeführt sein.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn folgende Verfahrensschritte angewandt werden:

- a) korrigiere im Originalbild bereits gefundene Defekte,
- b) führe Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde die Differenz von dem Originalbild und dem Bild mit Tiefpaß-Filterung,
- d) untersuche diese Differenz nach neuen Defekten und
- e) wiederhole den Vorgang, wenn neue Defekte gefunden wurden.

Als Kalibrierbilder können erfindungsgemäß ein Hell- und ein Dunkelbild, ein Rausch- und ein Signalbild verwendet werden, wobei die Kalibrierbilder aus einer Serie von aufeinanderfolgender Kalibrierbilder bestehen können.

Eine genaue Ermittlung von weiteren Kalibriersignalen kann erfolgen, wenn die Erkennung defekter Bildpunkte auch in einer Referenzzone durchgeführt wird.

Als Röntgenbildwandler mit defekten Bildpunkten kann erfindungsgemäß ein Bildwandler aus amorphem Silizium (aSi) oder ein Röntgenbildverstärker mit angekoppeltem CCD-Bildwandler verwendet werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Röntgendiagnostikeinrichtung nach dem Stand der Technik mit einem digitalen Bildsystem zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 die allgemeinen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

mäßigen Verfahrens und

Fig. 4 eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In der Fig. 1 ist eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre 1 dargestellt, die von einem Hochspannungsgenerator 2 betrieben wird. Die Röntgenröhre 1 sendet ein Röntgenstrahlenbündel 3 aus, das einen Patienten 4 durchdringt und auf einen Röntgenbildwandler 5 entsprechend der Transparenz des Patienten 4 geschwächt als Röntgenstrahlenbild fällt. Der Röntgenbildwandler 5 ist mit einem digitalen Bildsystem 6 und einem daran angeschlossenen Monitor 7 zur Wiedergabe des Röntgenstrahlenbildes verbunden. Das digitale Bildsystem 6 kann in bekannter Weise eine Verarbeitungsschaltung, Wandler, Differenzstufen und Bildspeicher aufweisen.

Bei einer derartigen Röntgendiagnostikeinrichtung kann der Röntgenbildwandler 5 aus einer Photodioden-Matrix oder aus einem oder mehreren CCD-Bildsensoren bestehen, die mit einem Röntgenbildverstärker oder einer Szintillatorschicht aus einem gegenüber Röntgenstrahlen empfindlichen Leuchtstoff gekoppelt sind. Der Röntgenbildwandler 5 kann aus wasserstoffhaltigem amorphem Silizium (aSi : H) bestehen.

Bei derartigen Bildwandlern können mehrere Bildpunkte der Bildpunkt-Matrix defekt sein. Es können einzelne Bildpunkte, mehrere Zeilen und/oder Spalten übergreifende Gruppen von Bildpunkten (Cluster), ganze Zeilen oder Spalten defekt sein.

Was sind nun defekte Bildpunkte? Dazu muß sozusagen das "normale" Verhalten der Pixel bestimmt werden. Ungleichmäßigkeiten in der Bestrahlung durch die Röntgenröhre 1 oder des verwendeten Szintillators bilden sich normalerweise nur in niedrigen Ortsfrequenzen des Kalibrierbildes ab. Des weiteren sind die Rauschteile im Kalibrierbild unerwünscht und können unberücksichtigt bleiben. Der erste Ansatz wäre somit als Normal die mit einem nicht zu kleinem Kernel mit beispielsweise einer Kernelgrößen von  $31 \times 31$  bestimmte unscharfe Maske als Rechteckfilter des Kalibrierbildes zu definieren. Leider werden dabei die Defekte aufgrund der Mittelung sozusagen auf ihre Umgebung verschmiert, wodurch auch Nachbarpixel mit beeinflusst werden.

Besser eignet sich ein Medianfilter für diesen Fall. Allerdings weist dieser vor allem bei größeren Kernen eine recht hohe Rechenzeit auf. Diese läßt sich teilweise vermindern indem man den zweidimensionalen Filter in zwei eindimensionalen Filterungen aufteilt, die in Zeilen- und Spaltenrichtung getrennt nacheinander durchgeführt werden. Der Unterschied gegenüber dem echten zweidimensionalen Filter ist gering und für diesen Zweck vernachlässigbar.

Anhand der Fig. 2 wird das allgemeine erfindungsgemäße Verfahren dargestellt. Ein Kalibrierbild 10 wird einer Hochpaß-Filterung 11 unterworfen. Das erhaltene Filterbild 12 wird einer Defektbestimmung 13 zugeführt, als deren Ergebnis ein Defektbild 14 vorliegt, das sämtliche defekte Bildpunkte kennzeichnet. Mit diesem Defektbild 14 kann eine Korrektur 15 eines Originalbildes 16 mit Röntgenstrahlung erfolgen, so daß man ein korrigiertes Röntgenbild 17 erhält. Die Korrektur 15 kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die defekten Bildpunkte durch eine lineare Interpolation benachbarter Bildpunkte ersetzt wird.

In Fig. 3 ist nun ein erstes erfindungsgemäßes Verfahren wiedergegeben. Es werden vier verschiedene Bilder als Kalibrierbilder 10 verwendet, ein Rausch-Dunkelbild

20, ein Signal-Dunkelbild 21, ein Signal-Hellbild 22 und ein Rausch-Hellbild 23. Dabei bedeutet Dunkelbild ein Bild bzw. eine Bildserie ohne jegliche Belichtung und ein Hellbild ein Bild bzw. eine Bildserie mit gleichförmiger Belichtung ohne Untersuchungsobjekt. Als Rausch-Bild wird die Streuung oder Varianz  $\sigma^2$  jeweils für jedes Pixel einer Bildserie und als Signal ebenfalls jeweils für jedes Pixel der Mittelwert einer Serie von Bildern gewertet. Auch ein Signal eines Dunkelbildes der Referenzzone 24 wird entsprechend erfaßt.

Die Dunkel-Referenzzone des verwendeten a-Si-Detektors am linken Bildrand, dem Zeilenanfang, bedarf einer besonderen Behandlung. Diese ist licht- und strahlungsdicht abgedeckt, so daß auch im Hellbild kein zusätzliches Signal entsteht. Sie dient dazu, das Zeilenrauschen zu vermindern und kleine Transienten im Offset zu korrigieren. Auch hier müssen Defekte erkannt werden, damit diese nicht die Zeilenkorrektur verfälschen. Als Kriterium bezüglich des Signals muß hier der (Dunkelstrom-)Offset alleine dienen. Die Defektschranken können hier sogar etwas enger gesteckt werden, da einige zusätzliche Defekte nicht die Bildinformation schmälern, auf der anderen Seite aber würden hier nicht erkannte Defekte die Minderung des Zeilenrauschens zu nichte machen. Zeilen mit zuwenig guten Pixeln werden als ganzes als defekt erklärt.

Die beiden Rauschbilder 20 und 23, das Signalbild der Referenzzone 24 sowie die Differenz 25 der Signalbilder 21 und 22 werden einer zweidimensionalen Hochpaß-Filterung, einer Median-Filterung 26 bis 29 unterworfen. Bei einer derartigen Median-Filterung wird im Gegensatz zum einfachen Rechteckfilter in der Umgebung eines Bildpunktes nicht der Mittelwert gebildet, sondern wird der, nachdem alle in der Umgebung gefundenen Werte sortiert wurden, in der Mitte liegende Wert als Filterwert genommen. Einzelne, weit vom Mittelwert entfernte Werte, die wahrscheinlich Defekte sind, haben so praktisch keinen Einfluß auf den Filterwert. So wie beschrieben hat der Filter einen Tiefpaß-Charakter. Den Hochpaß-Charakter erhält man durch einfache Subtraktion des Ausgangswertes vom Originalwert.

Aus den Filterwerten wird die Histogrammverteilung 30 bis 33 ermittelt und anschließend aus diesem Histogramm die Defektbestimmung 34 bis 37 durchgeführt. Dies erfolgt derart, daß jeweils der Kern der Histogrammverteilung 30 bis 33 ermittelt wird, das heißt, der Bereich, der sich um das Maximum der gausförmigen Kurve erstreckt. Durch einfache Erweiterung dieses Bereiches um einen Faktor werden die defekten Bildpunkte ermittelt, die außerhalb dieses Bereiches liegen.

Die Ausgangssignale der Defektbestimmungen 34 bis 37 werden einer Oder-Verknüpfung 38 zugeführt, an deren Ausgang das Defektbild 14 liegt.

Anhand der Fig. 4 wird nun eine Alternativlösung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben, die sich insbesondere durch geringen Rechenaufwand auszeichnet. Die Median-Filterung wird hier durch eine Iteration ersetzt, die den Rechteckfilter benutzt. Ansonsten bleiben die Verarbeitungsschritte gleich. Das Kalibrierbild 10, das jeweilige Signal- oder Rauschbild 20 bis 24, wird einer Defektkorrektur 40 zugeführt, in der bereits erkannte defekte Bildpunkte beispielsweise mit einer linearen Interpolation korrigiert werden. Mach einer Tiefpaß-Filterung 41 mit einem Rechteckfilter wird das Filterbild 42 einer Subtraktion 43 mit dem Kalibrierbild 10 unterworfen. Durch diese Tiefpaß-Filterung 41 und anschließende Subtraktion 43 erhält man ein gefiltertes Signal, ähnlich wie durch die Hochpaß-Filterung 11. Aus

dem Subtraktionsbild 44 werden über einen Schwellenvergleich 48 neue Defekte gefunden, die in das Defektbild 14 eingetragen werden. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt.

Die Tiefpaß-Filterung 41 durch ein Rechteckfilter mit einem nicht zu kleinem Kern durchgeführt, wobei das Rechteckfilter um einen Bildpunkt einen arithmetischen Mittelwert bildet.

Zur Einstellung der Schwelle wird aus dem Subtraktionsbild 44 das Histogramm 45 ermittelt, aus dem der Kernbereich 46 bestimmt wird. Die Bereichserweiterung 47 um einen Faktor bestimmt dann die Höhe der Schwelle für den Schwellenvergleich 48 der defekten Bildpunkte.

Diese Iteration zur Bestimmung der defekten Bildpunkte weist gegenüber der Median-Filterung geringere Rechenzeiten auf. Der Vorteil der Median-Filterung jedoch ist, daß man mit einem Schritt das gewünschte Defektbild erhält.

Die Rechenzeiten der Median-Filterung lassen sich durch folgende Maßnahme beschleunigen.

Bei der Original-Median-Filterung muß der Kern um jedes Pixel sortiert werden, d. h. im Falle eines 30\*30 Kerns in einem 1000\*1000 Bild muß 106 mal ein Feld von 900 Werten sortiert werden, so daß sich zusammen 900\*106 Sortierwerte ergeben.

Wird dagegen die Median-Filterung nach x und y aufgeteilt und zweimal hintereinander eine Median-Filterung gebildet, indem einmal mit einem Kern von 30\*1 und dieses Ergebnis dann mit einem Kern von 1\*30 gefiltert wird. Dann sind nur 2\*106 Felder von 30 Werten zu sortieren, so daß sich 60\*106 Sortierwerte ergeben, so daß sich 15 mal weniger Sortierwerte als vorher ergeben.

Will man trotzdem, wegen der schnelleren Berechenbarkeit, mit der unscharfen Maske arbeiten, muß man den Einfluß der Defekte auf ihre Nachbarschaft vermindern. Dies wird erfindungsgemäß durch folgende Iteration gelöst:

- a) korrigiere im Kalibrierbild bereits gefundene Defekte, beispielsweise mit linearer Interpolation, die z. B. mit einfachen Schwellen gefunden wurden, die ein Signal nahe der Bereichsgrenzen des A/D-Wandlers haben, da die Kalibrierbilder normalerweise weit innerhalb dieser Grenzen aufgenommen werden,
- b) führe eine Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde Differenz vom ursprünglichen Kalibrierbild und Tiefpaß-gefilterten, korrigierten Bild,
- d) bestimme aus dem Histogramm der Differenz Schwellen für Defekte, wobei im Histogramm bereits gefundene Defekte unberücksichtigt bleiben,
- e) finde neue Defekte und füge sie den bereits gefundenen hinzu und
- f) wiederhole Iteration bis kaum noch neue Defekte gefunden werden.

Bezüglich der Schwellwertfindung kann beispielsweise angenommen werden, daß der Kernbereich des Histogramms in einer Normalverteilung, der 50% aller Pixel enthält, 0,675 Mal der Standardabweichung entspricht. Bei einer Erweiterung dieses Bereiches um beispielsweise einen Faktor 7 sind bei einer Normalverteilung nur noch 3\*10<sup>-5</sup> aller Werte außerhalb zu finden. Pixel, die trotzdem noch außerhalb zu finden sind, sind mit hoher Wahrscheinlichkeit defekt.

Das Histogramm nähert sich durch die Iteration der Normalverteilung an, da immer mehr bereits gefundene Defekte ausgeschlossen und im Histogramm nicht mehr berücksichtigt werden.

Der Vorteil dieser Methode liegt in der automatischen Anpassung der Schwellen an die im Kalibrierbild vorhandenen normalen Rauschwerte der Pixel.

Die Verfahren werden erfindungsgemäß bei einem a-Si-Detektor für die Kalibrierung verwendet. Ein derartiger Detektor kann beispielsweise eine Matrix von 1024 Zeilen und 1080 Spalten aufweisen. Die Referenzzone kann aus den Bildpunkten Nr. 0 bis 79 bestehen, wobei beispielsweise Nr. 1 bis 64 davon verwendet werden und mindestens 16 nicht defekt sein sollten. Der A/D-Wandler kann eine Tiefe von 12 Bit aufweisen.

Zur Kalibrierung werden immer eine Serie Dunkel- und eine Serie Hellbilder aufgenommen. Folgende Schritte werden angewendet:

— Alle Bilder werden auf Einhaltung der Grenzen des A/D-Wandlers untersucht. Da bei der Aufnahme der Kalibrierbilder sichergestellt sein muß, daß nirgends eine Überschreitung des Digitalisierungsbereichs des A/D-Wandlers auftritt, sind Pixel, die trotzdem ein Signal nahe der Grenzen des A/D-Wandlers aufweisen, sicher defekt. Diese Defekte sind ein guter Ausgangspunkt für die oben beschriebenen Iteration.

— Die Bilder jeder Serie werden gemittelt, sowie das Rauschen in den Pixel berechnet wird. Die vier resultierenden Bilder werden der oben beschriebenen Defekterkennung zugeführt. Bei kurzen Kalibriererien kann man das Rauschen Zeilen- und Spaltenweise mitteln.

— Nur in der Referenzzone stützt sich die Defekterkennung nur auf die Offsetwerte, da durch die Abdeckung kein anderweitiges Signal erzeugt werden kann. Defekte werden mittels der oben beschriebenen Median-Filterung bzw. Iteration erkannt. Zeilen mit zu vielen Defekten in der Referenzzone werden ausgesondert. Einige irrtümlich als defekt erkannte Pixel sind hier nicht so gravierend. Anders im eigentlichen Bild, wo möglichst viel Information erhalten bleiben sollte.

Alle vier Bilder können mit dem oben angeführten Verfahren auf Defekte untersucht werden. Allerdings wird man beim Signal besser nur die Differenz von Hell- und Dunkelbild untersuchen, da der (Dunkelstrom-)Offset allein kein gutes Defektkriterium sein muß, da er später bei der Aufnahme leicht korrigiert werden kann.

Als wichtigster Schritt bei der Defekterkennung erwies sich die Untersuchung der Rauschwerte, da in Bildfolgen stark rauschende oder blinkende Pixel oder gar flackernde Zeilen und Spalten enorm den Bildeindruck stören. Beim Signal fallen diese nicht unbedingt auf, da sich durchaus ein normaler Mittelwert einstellen kann. Auch eine Defekterkennung, die sich im wesentlichen nur auf die Rauschwerte stützte, zeigte sehr gute Ergebnisse.

Bei kurzen Serien kann die Statistik über die Rauschwerte recht schlecht sein. Hier bietet sich dann an, über bestimmte Pixelgruppen bis hin zu Zeilen und Spalten zu mitteln. Allerdings können so keine einzelnen Defekte mehr erkannt werden. Andererseits kann nach Mittelung über Zeilen/Spalten eindimensional weitergearbeitet werden, so daß der Medianfilter wieder anwendbar ist.

Gegenüber früheren Verfahren, die sich hauptsächlich auf die Signalwerte stützten, wurden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wesentlich weniger Bildpunkte unnötigerweise als defekt erkannt, wobei sich aber der Bildeindruck wesentlich verbesserte. Letzteres ist wohl der zusätzlichen Rauschuntersuchung zuzuschreiben.

Der Detektor wird in mehreren, unterschiedlich empfindlichen Modi betrieben, was auch Einfluß auf das Rauschen der Pixel hat. Trotzdem zeigte sich das Verfahren unempfindlich dagegen, da alle Schwellen automatisch berechnet werden, bzw. relativ zu berechneten Werten eingestellt werden.

Alle beschriebenen Verfahrensschritte können anstelle durch eine das Bildsystem 6 steuernde Software auch als Hardware-Lösung durchgeführt werden.

Die Erkennung und Korrektur defekter Bildpunkte kann effizient in Hardware realisiert oder von einem Multi-Prozessorssystem ausgeführt werden, wobei hier die Einzel-Prozessoren optimal einsetzbar sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines digitalen Bildsystems (6) einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgeneinheit (1, 2) zur Erzeugung von Röntgenbildern, einer Röntgenbildwandler-Fernsehkette (5 bis 7) zur Erfassung der Röntgenbilder, die einen digitalen Bildwandler (5) mit matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkten und einen Monitor (7) zur Wiedergabe der von dem digitalen Bildsystem (6) verarbeiteten Röntgenbilder aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erkennung von defekten Bildpunkten wenigstens ein Kalibrierbild (10) durch eine Filterung (11) in ein Filterbild (12) gewandelt wird, das einer Defektbestimmung (13) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (15) eines Originalbild (16) verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Filterung (11) eine Hochpaß-Filterung mit einem Median-Filter (26 bis 29) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweidimensionale Median-Filterung (26 bis 29) zuerst eindimensional in einer ersten Richtung und dann eindimensional in einer zweiten, zur ersten senkrechten Richtung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Defektbestimmung (13) durch Ermittlung der Histogrammverteilung (30 bis 33) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
  - a) führe Hochpaß-Filterung eines Kalibrierbildes durch,
  - b) bestimme den Histogrammkern und
  - c) ermittle Defekte der Bildpunkte außerhalb des Histogrammkernes.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Hochpaß-Filterung (11) eine Tiefpaß-Filterung (41) des Kalibrierbildes (10) durchgeführt und das derart erhaltene Filterbild (42) von dem Kalibrierbild (10) subtrahiert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Kalibrierbild (10) einer Korrektur (40) bereits gefundener Defekte unterwor-

fen wird, daß das Korrekturbild durch eine Tiefpaß-Filterung (41) in ein Filterbild (42) gewandelt wird, das von dem Kalibrierbild (10) subtrahiert wird, und daß das derart erhaltene Differenzbild (44) zur Defektbestimmung einem Schwellenvergleich (48) zugeführt wird, so daß ein Defektbild (14) erhalten wird, das zur Korrektur (40) des Kalibrierbild (10) verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwelle für den Schwellenvergleich (48) durch Bestimmung der Histogrammverteilung (45) des Differenzbildes (44) ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaß-Filterung (41) nach dem Prinzip der unscharfen Maske durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) korrigiere im Originalbild bereits gefundene Defekte,
- b) führe Tiefpaß-Filterung des korrigierten Bildes durch,
- c) bilde die Differenz von dem Originalbild und dem Bild mit Tiefpaß-Filterung
- d) untersuche diese Differenz nach neuen Defekten und
- e) wiederhole den Vorgang, wenn neue Defekte gefunden wurden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Kalibrierbilder (10) ein Hell- (22, 23) und ein Dunkelbild (20, 21) verwendet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Kalibrierbilder (10) ein Rausch- (20, 23) und ein Signalbild (21, 22) verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Serie von aufeinanderfolgenden Kalibrierbildern (10) verwendet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Erkennung defekter Bildpunkte auch in einer Referenzzone (25) durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenbildwandler (5) mit defekten Bildpunkten ein Bildwandler aus amorphem Silizium ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Röntgenbildwandler (5) mit defekten Bildpunkten ein Röntgenbildverstärker mit angekoppeltem CCD-Bildwandler ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

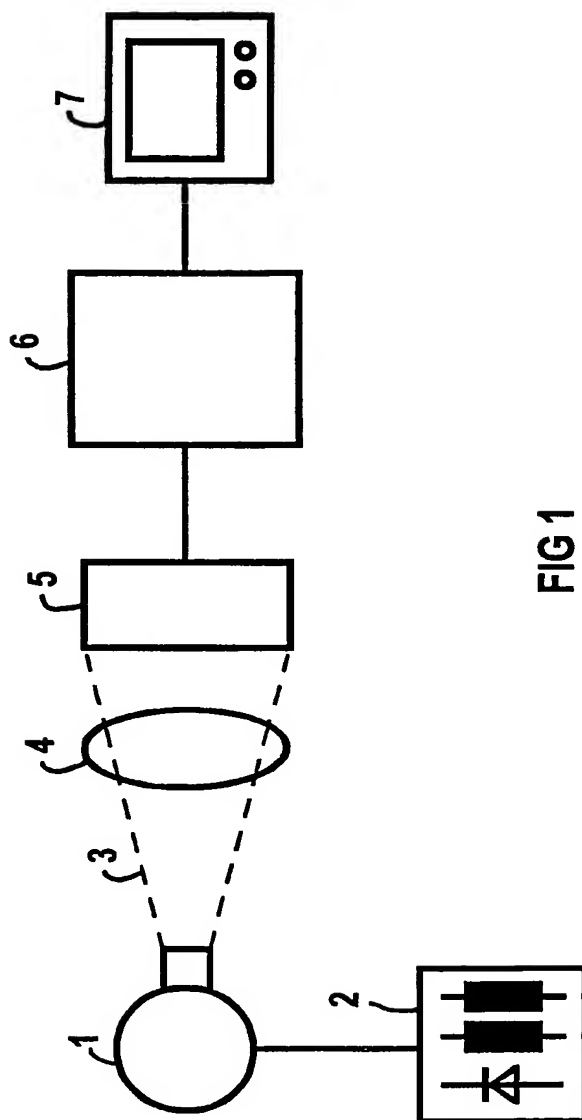
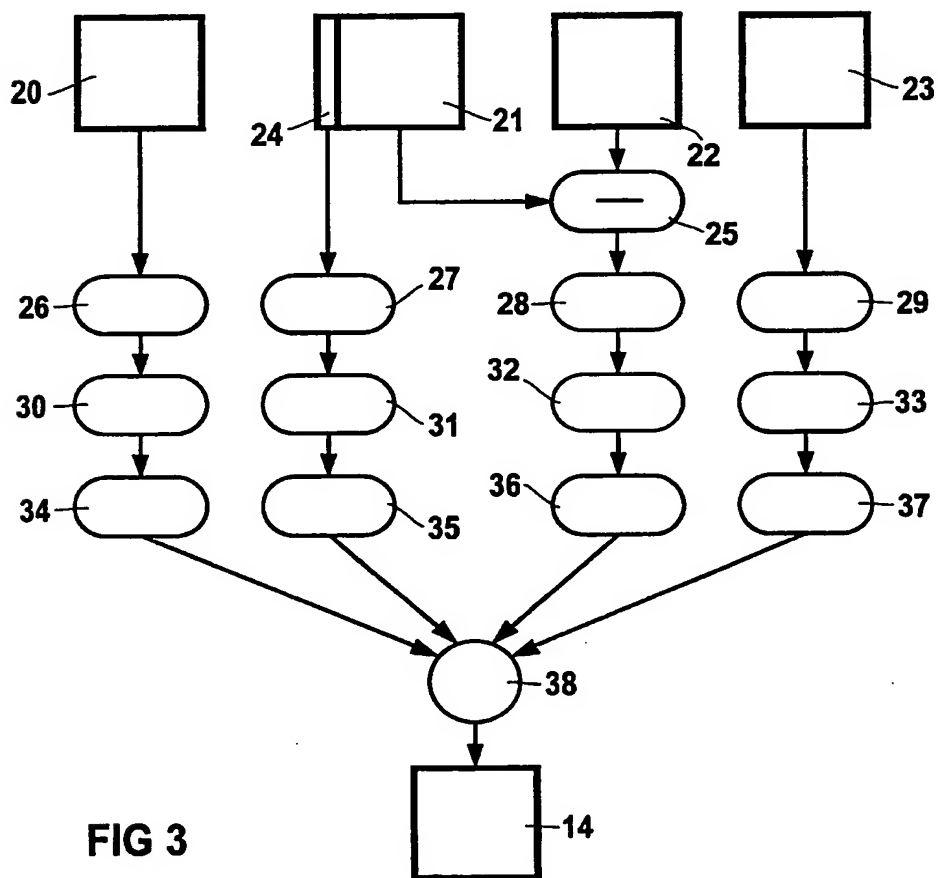
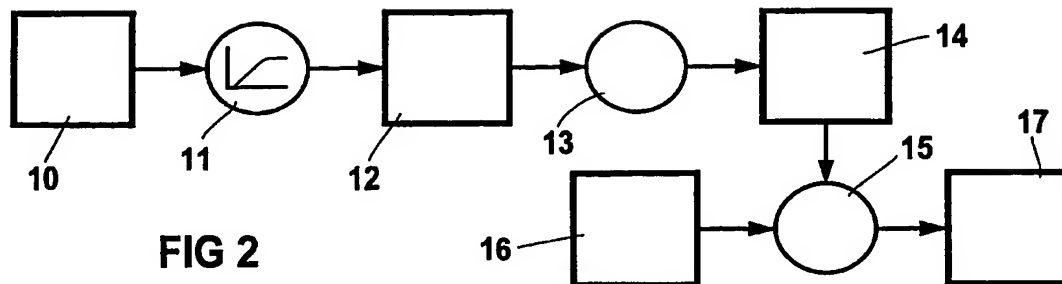


FIG 1



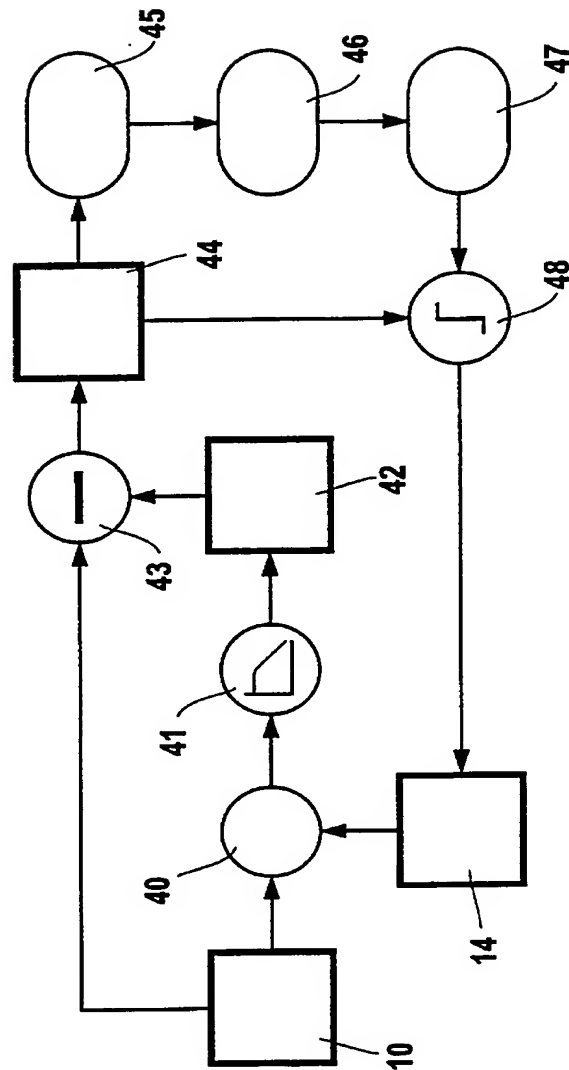


FIG 4